

C 9 高速パルス変調方式ミー散乱レーザレーダ

Mie Laser Radar Using High PRF Lasers

佐々木孝朗 牛島厚二 山本雄大 小林喬郎
T. Sasaki K. Ushijima T. Yamamoto T. Kobayashi

福井大学工学部

Faculty of engineering, Fukui Univ.

An analog signal processing method is developed for the Mie laser radar using high pulse-repetition-rate (PRF) lasers. The analog signal processor consists of 64-channel boxcar integrators and analog multiplexer. This detection scheme is suitable for low peak power and high PRF lasers, such as diode lasers and cw-pump solid lasers.

1. はじめに

最近、半導体レーザ(LD)などの高速パルス変調可能なレーザの開発が目覚しく、CW励起Qスイッチ YAGレーザなどは高速変調可能かつ高出力という特性をもち、レーザレーダの光源として有用である。しかしながら、従来のデジタル信号処理法では処理速度の制限により、これらの高速変調特性を有効に利用できない。そこで本研究では、高速変調パルスレーザを有効に利用するための多チャンネルアナログ波形積分器について検討し、対流圏のエアロゾル観測のための高速パルス変調方式ミー散乱レーザレーダの開発を行った。

2. システムの構成

Fig.1に本レーザレーダシステムの構成を示す。

光源には高速パルス変調可能なレーザとしてLDやCW励起Qスイッチ YAGレーザ、LD励起固体レーザなどが用いられる。受信望遠鏡により集光された信号光はPMTに導かれ、アナログ波形積分器に入力される。これらの主要なパラメータとしては光学系全効率 $K=0.3$ 、受信開口面積 $A_r=0.28 \text{ (m}^2\text{)}$ 、受信視野立体角 $\Delta\Omega=1 \times 10^{-6} \text{ (sr)}$ 、分光系の帯域幅 $\Delta\lambda=1 \text{ (nm)}$ である。また受信望遠鏡は軽量アルミ反射ミラーで移動計測用としても有用である。¹⁾

3. 多チャンネルアナログ波形積分法

高速信号処理のためのアナログ波形積分器は、ボックスカー積分器により構成されアナログスイッチを用いてゲートが開いている時間だけ信号電流を次段のCR積分器に蓄える方式のものである。例えばこの方式によりLDをパルス幅 100nsとしてCW時の10倍のピークパワーが得られPRF 100kHzで動作させることにより、出力の有効利用効率をCW動作時の10%にまで高めることができる。

また、CW励起Qスイッチ固体レーザを光源に用いれば出力の利用効率を100%に高めることも可能である。また信号処理がアナログ方式であるためデータ積算のための時間が零となり、高速かつ実時間での信号処理が可能となる。Fig.2に製作したアナログ波形積分器の構成を示す。シフトレジスタから次段の64個のボックスカー積分器に順次にゲートパルスが送られ入力信号を64分割

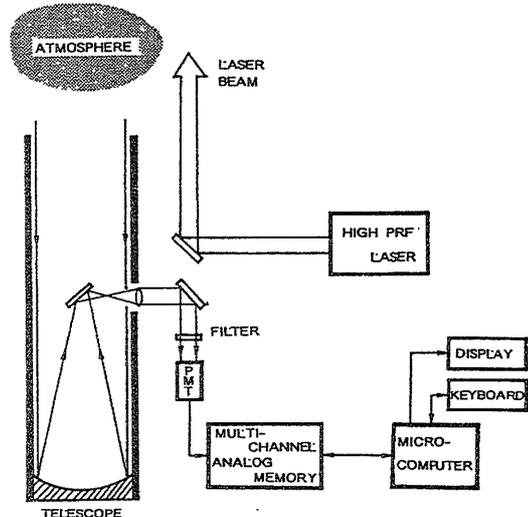


Fig.1 Block diagram of the high PRF laser radar.

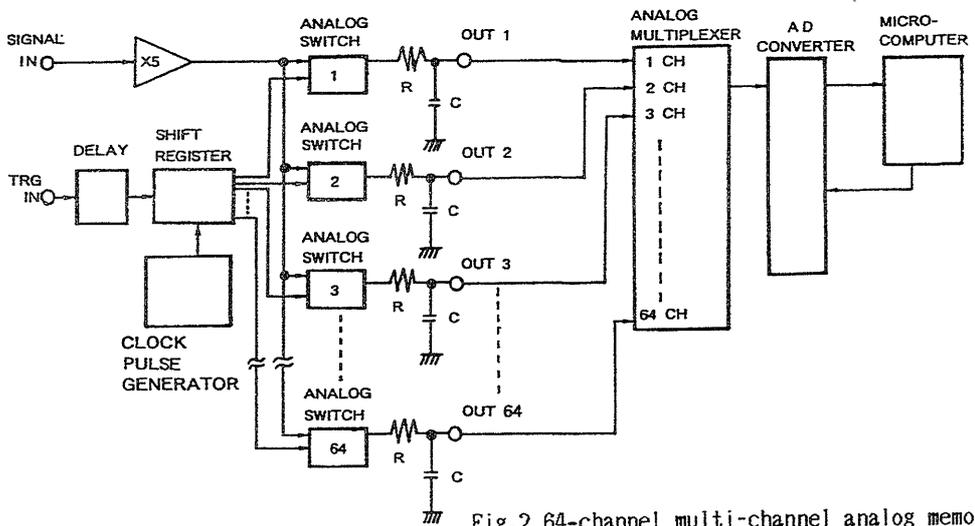


Fig.2 64-channel multi-channel analog memory.

し、のアナログマルチプレクサにより1チャンネルづつAD変換器に転送されマイクロコンピュータに記憶される構成となっている。また、デジタル処理による長時間積算も併用でき、さらに高感度化が可能である。ダイナミックレンジとしては50dBの特性が得られており、信号増幅部にログアンプなどを用いればさらに拡大できる。

4. システム特性解析

各種光源の主要パラメータをTable 1に示す。Fig. 4に各光源を用いた場合のSN比の距離依存性の比較結果を示す。ここでは夜間における10秒間の測定を仮定している。いずれの光源も夜間では10km程度までの晴天大気中の計測が可能となることがわかる。また、散乱係数の大きいエアロゾルに対してはさらに長距離の計測が可能となる。

5. 測定例

Fig. 5に本システムによる晴天大気信号の予備的な測定例を示す。光源には10kHzパルス動作のLDを用いて実験を行った。測定時間は0.2秒で有効積算パルス数は 2×10^4 回である。本実験ではピーク出力1W以下の小出力LDを用い、また光学系の効率 K が 10^{-2} 以下であったので測定距離は600m程度になっている。光源に高出力のレーザを用い、光学系の改善を行えばより長距離の計測が実現できる。

6. まとめ

高速パルス変調方式ミード散乱レーザレーダを開発し実験を行った。また、各種光源による測定の可能性を示した。今後、アナログ波形積分器の多チャンネル化ダイナミックレンジの向上クロストークの低減などを行いレーザ出力の利用効率の向上を図ることにより小型で高感度なレーザレーダシステムが可能となるものと期待される。

Table 1 Laser parameters.

光源	LD	LD PUMP Nd:YAG-SHG	Nd:YAG-FUND.	Nd:YAG-SHG
出力	10 (W)	100 (W)	1 (kW)	500 (W)
波長	810 (nm)	532 (nm)	1.06 (μ m)	532 (nm)
π パルス幅	100 (ns)	80 (ns)	80 (ns)	80 (ns)
π パルス周波数	100 (kHz)	1 (kHz)	10 (kHz)	10 (kHz)
PMTの量子効率	2 (%)	15 (%)	0.4 (%)	15 (%)
晴天大気散乱係数	2.9×10^{-7} ($m^{-1}sr^{-1}$)	1.5×10^{-6} ($m^{-1}sr^{-1}$)	9.9×10^{-8} ($m^{-1}sr^{-1}$)	1.5×10^{-6} ($m^{-1}sr^{-1}$)

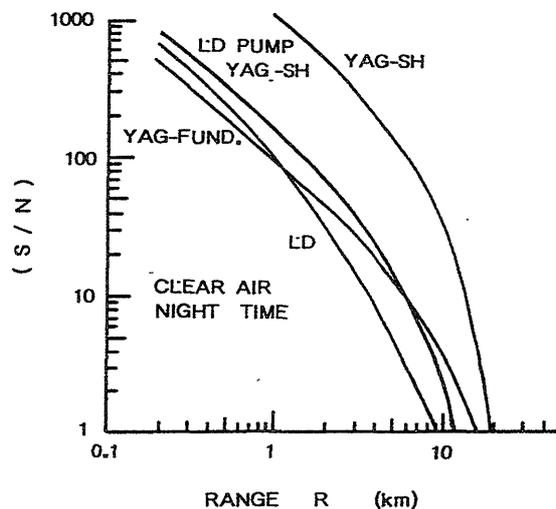


Fig.3 Range dependence of signal-to-noise ratio for detecting clear air signals.

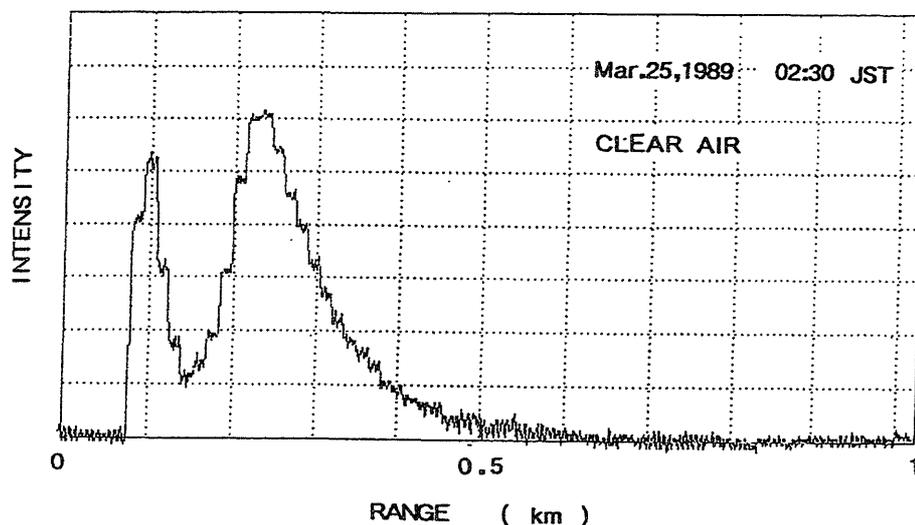


Fig.4 Received signal from clear air.

参考文献

- 1) 山田辰之他 : "移動計測型半導体レーザレーダの開発", 第12回レーザーシンポジウム予稿集, pp.77-78(1988).